

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2000-323298**

(43)Date of publication of application : **24.11.2000**

(51)Int.Cl.

H05H 1/46

H01L 21/3065

H01L 21/31

(21)Application number : **2000-060448**

(71)Applicant : **HITACHI LTD**

(22)Date of filing : **01.03.2000**

(72)Inventor : **DOI AKIRA**

YOSHIOKA TAKESHI

EDAMURA MANABU

KAZUMI HIDEYUKI

KANAI SABURO

TETSUKA TSUTOMU

ARAI MASATSUGU

MAEDA KENJI

TSUBONE TSUNEHICO

(30)Priority

Priority number : **11061857** Priority date : **09.03.1999** Priority country : **JP**

(54) **PLASMA TREATMENT DEVICE AND METHOD**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To facilitate control of the plasma distribution by electrically connecting an inductively coupled antenna arranged on the surface



surrounding a plasma formation region in series with a capacitively coupled antenna arranged in a portion of the surface outside the inductively coupled antenna.

SOLUTION: A coiled inductively coupled antenna 1 is arranged outside a discharge part 2a of an insulating material constituting a vacuum vessel 2 along with a processing part 2b having an electrode 5 for arranging a wafer 13 or the like installed thereon. A circuit of a load 17 in parallel to a disc capacitively coupled antenna 8 which is connected in series with a first high frequency power supply 10 via an impedance matching box 3 and provided in an atmosphere side on a ceiling of the discharge part 2a is grounded. The impedance of the load 17 is changed and the ratio of the high frequency currents of both antennas is changed so that the density of the generated plasma is changed. The adhesion of reaction products generated in a large amount in the ceiling region 15b of the discharge part 2a caused by plasma by the inductively coupled antenna 1 is suppressed by the electric field of the capacitively coupled antenna 8.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-323298

(P2000-323298A)

(43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームコード (参考)

H 0 5 H 1/46

H 0 5 H 1/46

L 5 F 0 0 4

H 0 1 L 21/3065
21/31

H 0 1 L 21/31
21/302

R 5 F 0 4 5

C

B

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-60448(P2000-60448)

(22) 出願日 平成12年3月1日 (2000. 3. 1)

(31) 優先権主張番号 特願平11-61857

(32) 優先日 平成11年3月9日 (1999. 3. 9)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 土居 昭

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 吉岡 健

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸事業所内

(74) 代理人 100074631

弁理士 高田 幸彦 (外1名)

最終頁に続く

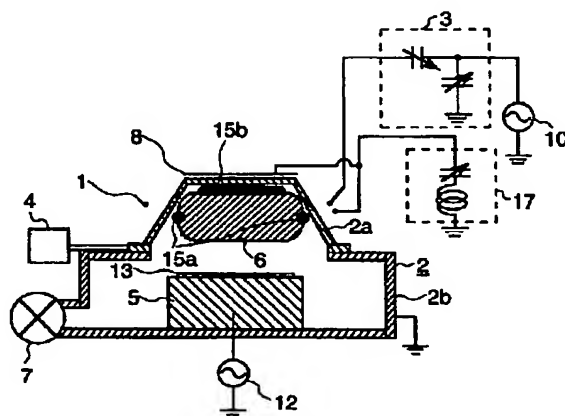
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

(57) 【要約】

【課題】誘導結合アンテナを用いたプラズマ処理において、試料の処理中に真空容器の内壁面への反応生成物の付着を抑制することを目的とする。

【解決手段】誘導結合アンテナ1と静電容量結合アンテナ8の間からインピーダンスの大きさを可変可能な負荷17を介してアースに接地し、負荷17のインピーダンスの大きさを調整することで、静電容量結合放電で生成されるプラズマの割合を調整し、真空容器内壁への反応生成物の付着を抑制する。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】プラズマが形成される領域を囲む面に対し誘導結合アンテナを配置し、前記誘導結合アンテナが配置されていない部分の面に対し静電容量結合アンテナを配置して、前記誘導結合アンテナと前記静電容量結合アンテナを電氣的に直列に接続したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】プラズマが形成される領域を囲む面に対し誘導結合アンテナを配置し、少なくとも前記誘導結合アンテナが配置されていない部分の面に対し静電容量結合アンテナを配置して、高周波電源、前記誘導結合アンテナ、前記静電容量結合アンテナの順に電氣的に直列に接続したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】プラズマが形成される領域を囲む面が少なくとも 2 面あり、一方の面に対し誘導結合アンテナを配置し、他方の面に対し静電容量結合アンテナを配置して、前記誘導結合アンテナと前記静電容量結合アンテナを電氣的に直列に接続し、前記誘導結合アンテナおよび静電容量結合アンテナに高周波電力を供給する高周波電源を接続したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】プラズマが形成される領域を囲む面が少なくとも 2 面あり、一方の面に対し誘導結合アンテナを配置し、前記一方の面を含む少なくとも 2 面に対し静電容量結合アンテナを配置して、前記誘導結合アンテナと前記静電容量結合アンテナを電氣的に直列に接続し、前記誘導結合アンテナおよび静電容量結合アンテナに高周波電力を供給する高周波電源を接続したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】請求項 4 記載のプラズマ処理装置において、前記誘導結合アンテナが配置された同一面に対し配置される静電容量結合アンテナは、前記誘導結合アンテナと該面との間に配置され、前記誘導結合アンテナの電界が透過する開口を有するプラズマ処理装置。

【請求項 6】請求項 4 記載のプラズマ処理装置において、前記誘導結合アンテナが配置された同一面に対し配置される静電容量結合アンテナは、前記誘導結合アンテナの外側に配置されるプラズマ処理装置。

【請求項 7】一部若しくは全体が内部にプラズマ生成部を形成する空間を有し、該プラズマ生成部を取り囲む部分が非導電性材料で成る真空容器と、前記真空容器内に処理ガスを供給するガス供給装置と、前記真空容器内を減圧排気する排気装置と、前記非導電性材料で成る真空容器の部分の外側に設けられ、電氣的に直列接続され、前記プラズマ生成部に電界を発生するコイル状の誘導結合アンテナ及び板状の静電容量結合アンテナと、前記直列に接続された誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナに高周波電界を供給する第一の高周波電源と、前記両アンテナのインピーダンスと前記第一の高周波電源の出力インピーダンスとの整合をとる整合器と、

前記真空容器内に設けられ被処理物を配置する電極と、前記電極に高周波電界を印加する第二の高周波電源とを具備したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】請求項 7 記載のプラズマ処理装置において、前記静電容量結合アンテナに対して実抵抗が小さくリアクタンスが可変な負荷回路を並列に挿入し、前記静電容量結合アンテナに流れる高周波電流を調整する回路を設けたプラズマ処理装置。

【請求項 9】請求項 8 記載のプラズマ処理装置において、前記負荷回路としてバリコンと固定インダクターを直列に接続したプラズマ処理装置。

【請求項 10】請求項 7 記載のプラズマ処理装置において、前記誘導結合アンテナを 2 系統以上の誘導結合アンテナとし、各誘導結合アンテナ流れる高周波電流の大きさを調整する回路を設けたプラズマ処理装置。

【請求項 11】請求項 10 記載のプラズマ処理装置において、前記 2 系統以上の誘導結合アンテナを並列に接続し、1 系統以上に、実抵抗が小さくリアクタンスが可変な負荷回路を直列に設置したプラズマ処理装置。

【請求項 12】請求項 10 記載のプラズマ処理装置において、前記 2 系統以上の誘導結合アンテナを並列に接続し、1 系統以上に、実抵抗が小さくリアクタンスが可変な負荷回路を並列に設置したプラズマ処理装置。

【請求項 13】請求項 10 記載のプラズマ処理装置において、前記 2 系統以上の誘導結合アンテナを直列に接続し、該誘導結合アンテナの接続部から、実抵抗が小さくリアクタンスが可変な負荷回路をアースに接続したプラズマ処理装置。

【請求項 14】プラズマが形成される領域を囲む面に対し誘導結合アンテナを配置し、少なくとも前記誘導結合アンテナが配置されていない部分の面に対し静電容量結合アンテナを配置して、前記誘導結合アンテナと前記静電容量結合アンテナを電氣的に直列に接続し、前記静電容量結合アンテナと前記静電容量結合アンテナに流れる高周波電流の割合を調整する調整手段を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 15】請求項 14 記載のプラズマ処理装置において、前記調整手段は前記誘導結合アンテナと前記静電容量結合アンテナのいずれか又は両方に流れる高周波電流の大きさを調整するプラズマ処理装置。

【請求項 16】プラズマが形成される領域を囲む面に対し誘導結合アンテナを配置し、少なくとも前記誘導結合アンテナが配置されていない部分の面に対し静電容量結合アンテナを配置して、前記誘導結合アンテナと前記静電容量結合アンテナを電氣的に直列に接続し、前記静電容量結合アンテナに流れる高周波電流を調整する回路を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 17】請求項 16 記載のプラズマ処理装置において、前記回路は前記静電容量結合アンテナに対して並列にリアクタンスを可変可能な負荷回路を接続して成る

プラズマ処理装置。

【請求項18】プラズマが形成される領域を囲む面に対し誘導結合アンテナを配置し、少なくとも前記誘導結合アンテナが配置されていない部分の面に対し静電容量結合アンテナを配置して、前記誘導結合アンテナと前記静電容量結合アンテナを電氣的に直列に接続し、前記誘導結合アンテナに流れる高周波電流を調整する回路を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項19】請求項18記載のプラズマ処理装置において、前記回路は前記容量結合アンテナに対して並列にリアクタンスを可変可能な負荷回路を接続して成るプラズマ処理装置。

【請求項20】電氣的に直列に接続された誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナに流れる高周波電流の割合を調整し、前記誘導結合アンテナ及び静電容量結合アンテナによる電界を用いて容器内にプラズマを生成し、該プラズマを用いて試料を処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項21】容器の外周部に巻装された誘導結合アンテナと前記容器の外側で前記誘導結合アンテナより内側に配置された静電容量結合アンテナとを電氣的に直列に接続し、前記誘導結合アンテナ及び静電容量結合アンテナが形成する電界を用いて前記容器内にプラズマを生成する際に、前記静電容量結合アンテナに流れる電流の大きさを調節して、前記容器の中央部に生成されるプラズマの強さを調節し、試料を処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項22】電氣的に直列配置した誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナの間に一方が接続され、他方がアースに接地されたインピーダンスの大きさを可変可能な負荷によって、前記負荷のインピーダンスの大きさを調整し、真空容器内に生成される静電容量結合放電によるプラズマの割合を調整することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項23】容器の外周部に巻装された誘導結合アンテナと前記容器の外側で前記誘導結合アンテナより内側に配置された静電容量結合アンテナとを電氣的に直列に接続し、前記誘導結合アンテナ及び静電容量結合アンテナが形成する電界を用いて前記容器内にプラズマを生成する際に、前記誘導結合アンテナに流れる電流の大きさを調節して、前記容器の外周部に生成されるプラズマの強さを調節し、試料を処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項24】容器の外周部に巻装された誘導結合アンテナと前記容器の外側で前記誘導結合アンテナより内側に配置された静電容量結合アンテナとを電氣的に直列に接続し、前記誘導結合アンテナ及び静電容量結合アンテナが形成する電界を用いて前記容器内にプラズマを生成する際に、前記静電容量結合アンテナおよび前記誘導結合アンテナに流れる電流の大きさを調節して、前記容器

の外周部および中央部に生成されるプラズマの強さを調節し、試料を処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項25】プラズマ生成部に電界を発生するコイル状の誘導結合アンテナと板状の静電容量結合アンテナとを電氣的に直列に接続して高周波電力を供給し、前記両アンテナへの高周波電力印加回路のインピーダンスのマッチングをとり、真空容器内の前記プラズマ生成部にプラズマを発生させ、前記真空容器内に配置された試料に対してプラズマ中のイオンを入射させるバイアス電圧を印加し、前記試料をプラズマ処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項26】請求項25記載のプラズマ処理方法において、前記誘導結合アンテナを複数の系で構成し、前記静電容量結合アンテナに流れる高周波電流を変化させるとともに、前記各誘導結合アンテナに流れる高周波電流を、プラズマ分布の変化を生じることなく、変化させるプラズマ処理方法。

【請求項27】請求項25記載のプラズマ処理方法において、プロセスレシビの異なる処理を連続して処理する際に、各誘導結合アンテナに流れる高周波電流を調節する工程と、該工程により設定された処理プロセスを実行する工程とを交互に繰り返し、試料の処理を行うプラズマ処理方法。

【請求項28】電氣的に直列に接続された誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナによって容器内に電界を形成し、前記誘導結合アンテナからの電界が弱い部分に前記静電容量結合の電界を形成し、これらの電界を用いて前記容器内にプラズマを生成し、該プラズマを用いて試料を処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項29】静電容量結合アンテナと電氣的に直列に接続された誘導結合アンテナが形成する電界の内、容器内壁面に反応生成物が付着する弱い電界の部分に、静電容量結合アンテナによる強い電界を形成し、前記容器内壁面への反応生成物の付着を抑制することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項30】電氣的に直列に接続された誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナに流れる高周波電流の割合を調整し、前記誘導結合アンテナ及び静電容量結合アンテナによる電界を用いて容器内にプラズマを生成し、該プラズマを用いて容器内をクリーニングすることを特徴とするプラズマクリーニング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アンテナに高周波電力を供給して電界を発生させ、その電界により発生させたプラズマを用いて試料をプラズマ処理するのに好適なプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】コイル状のアンテナに高周波電流を流

し、その誘導でプラズマを生成するプラズマ処理装置では、プラズマが生成される真空容器の内壁面において、コイル状のアンテナからの電界が強い箇所では高密度のプラズマが生成され、反応生成物が付着し難いが、電界が弱い箇所ではプラズマ密度も低く反応生成物が付着し易く、ゴミの発生を引起すことがある。このような問題を解決する方法としては、例えば、日本の特開平8-316210号公報に記載されているような、真空チャンバを形成する誘電体壁の外側に高周波電流を流すことのできる高周波アンテナを設け、この高周波アンテナと誘電体部材との間にプラズマと静電的に結合させ、誘電体部材の内表面上に様な電界を形成させる電極を設け、高周波アンテナと電極とを並列に接続し、プロセス中は電極に供給する電力を小さくし、プロセスとプロセスの間では電極に供給する電力を大きくしてクリーニングプロセスを実施する方法が知られている。

【0003】また、USP5,811,022号明細書に記載のように、高周波電力が印加される誘導コイルと反応室との間に分割ファラデーシールドを設け、分割ファラデーシールドを選択して、プラズマ電位の変化のレベルを制御するものがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記前者の従来技術は、ウェハを処理するプロセスと、真空チャンバ内をクリーニングするクリーニングプロセスとを分けて処理する方法としており、スルーブットに関して十分に配慮されていなかった。また、プラズマ処理中に、真空チャンバの内壁に反応生成物が付着するのを防止するように、静電容量的に結合された電極（静電容量結合アンテナ）に流れる電流を大きくした場合、高周波アンテナ（誘導性）と電極（容量性）とが並列に接続された回路では、静電容量結合の放電を生じさせるために静電容量的に結合させた電極が電気回路的にコンデンサーとして働き、誘導結合の放電を生じさせるための高周波アンテナがコイルとして働くため、並列共振（合成インピーダンスの大きさが無限大となる現象）を起こし、高周波のマッチングが取れなくなる場合がある。このため、並列共振を生じる領域付近の条件によるプラズマ処理は実施することができず、プラズマ処理条件の適用範囲が狭くなる。

【0005】また、プラズマ処理中に、真空容器の内壁に反応生成物が付着するのを防止するために、静電容量的に結合された電極（静電容量結合アンテナ）に流れる電流を大きくすると、静電容量放電によるプラズマが強く発生するため、プラズマの分布が変わってしまい、ウェハを均一に処理するための条件が狂ってしまうという問題がある。

【0006】上記後者の従来技術は、誘導コイルとファラデーシールドとの間が容量的に結合される、すなわち、ファラデーシールドを静電容量的に結合された電極と考えると、電極に電圧を印加するための回路が浮遊容

量を利用しているため、真空容器の大気開放後における誘導コイル及び電極等の再設置時の精度等によって、電極に印加される電圧が左右されてしまう。また、電極に印加される電圧を大きくしようとすれば、浮遊容量の大きさを大きくする必要があり、この場合には、誘導コイルの面積を大きくしたり、電極との距離を近くする必要がある。しかしながら、面積を大きくすることは高電圧部が大きくなることであり、また距離を近くすると異常放電が生じる恐れもあり、装置の健全性、信頼性の低下につながる。したがって、浮遊容量を利用するものにおいては、電極に印加される電圧をあまり大きくすることができない。

【0007】一方、有磁場プラズマタイプのプラズマ処理装置では、電磁石等が発生する磁場を変化させることでプラズマの分布を制御でき、試料の均一処理や反応生成物の付着が少ない条件のプラズマ分布に容易に調整可能である。しかし、無磁場の誘導放電プラズマタイプのプラズマ処理装置では、プラズマ分布を調整する手段が限られ、例えば、真空容器の形状を変えたり、誘導結合アンテナの位置を調節して分布を制御していた。しかし、ガス圧等のプロセス条件を変えると、プラズマの分布は変化してしまい、一台のプラズマ処理装置ではごく限られた条件でしか、プロセス処理ができなかった。

【0008】本発明の第一の目的は、誘導結合アンテナを用いたプラズマ処理において、容易にプラズマ分布を制御することのできるプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法を提供することにある。

【0009】本発明の第二の目的は、誘導結合アンテナを用いたプラズマ処理において、試料の処理中に真空容器の内壁面への反応生成物の付着を抑制することのできるプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記本発明の第一の目的は、プラズマが形成される領域を囲む面に対し誘導結合アンテナを配置し、少なくとも誘導結合アンテナが配置されていない部分の面に対し静電容量結合アンテナを配置して、誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナを電氣的に直列に接続し、静電容量結合アンテナと静電容量結合アンテナに流れる高周波電流の割合を調整する調整手段を設けた装置とし、電氣的に直列に接続された誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナに流れる高周波電流の割合を調整し、誘導結合アンテナ及び静電容量結合アンテナによる電界を用いて容器内にプラズマを生成し、該プラズマを用いて試料を処理する方法とすることにより、達成される。

【0011】上記本発明の第二の目的は、プラズマが形成される領域を囲む面に対し誘導結合アンテナを配置し、誘導結合アンテナが配置されていない部分の面に対し静電容量結合アンテナを配置して、誘導結合アンテナ

と静電容量結合アンテナを電気的に直列に接続した装置とし、電気的に直列に接続された誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナによって容器内に電界を形成し、誘導結合アンテナからの電界が弱い部分に静電容量結合の電界を形成し、これらの電界を用いて容器内にプラズマを生成し、該プラズマを用いて試料を処理する方法とすることにより、達成される。

【0012】本発明によれば、電気的に直列に接続された誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナに流れる高周波電流の割合を調整し、誘導結合アンテナ及び静電容量結合アンテナにより発生させる電界の強さを調整できるので、容器内に処理に最適なプラズマを生成することができ、誘導結合アンテナを用いたプラズマ処理において、試料の処理中に真空容器の内壁面への反応生成物の付着を抑制することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第一の実施例を図1ないし図3により説明する。図1に、本発明のプラズマ処理装置の縦断面図を示す。真空容器2は、この場合、内部にプラズマ生成部を形成する絶縁材料（例えば、石英、セラミック等の非導電性材料）で成る放電部2aと、被処理物である試料、例えば、ウェハ13を配置するための電極が設置された処理部2bとから成る。処理部2bはアースに設置されており、電極5は絶縁材を介して処理部2bに取付けられている。放電部2aの外側にはコイル状の誘導結合アンテナ1が配置されている。また、放電部2aの天井の大気側には、プラズマ6と静電容量的に結合する円盤状の静電容量結合アンテナ8が設けられている。誘導結合アンテナ1と静電容量結合アンテナ8は、整合器（マッチングボックス）3を介して第一の高周波電源10に直列に接続されている。また、静電容量結合アンテナ8と並列に、インピーダンスの大きさが可変可能な負荷17の回路がアースに接地してある。真空容器2内にはガス供給装置4から処理ガスが供給され、真空容器2内は排気装置7によって所定の圧力に減圧排気される。電極5には、第二の高周波電源12が接続されている。

【0014】上記のように構成された装置では、ガス供給装置4によって真空容器2内に処理ガスを供給し、該処理ガスを誘導結合アンテナ1と静電容量結合アンテナ8により発生する電界の作用によって、プラズマ化する。プラズマ化されたガスは、後に、排気装置7によって排気される。第一の高周波電源10により発生した、例えば、13.56MHz、27.12MHz、40.68MHz等のHF帯や、更に周波数が高いVHF帯等の高周波電力を誘導結合アンテナ1と静電容量結合アンテナ8に供給することにより、プラズマ生成用の電界を得ているが、電力の反射を抑えるためにマッチングボックス3を用いて、アンテナのインピーダンスを第一の高周波電源10の出力インピーダンスに一致させてい

る。マッチングボックス3は、この場合、一般的な逆L型と呼ばれる、静電容量を可変可能なバリコンを2個用いたものを使用している。また、処理されるウェハ13は、電極5上に配置され、プラズマ6中に存在するイオンをウェハ13上に引き込むために、電極5に第二の高周波電源12によりバイアス電圧を印加する。

【0015】図2は、図1のプラズマ処理装置の放電回路を示す外観斜視図である。放電回路としては、第一の高周波電源10から出た高周波電流は、マッチングボックス3を通り、誘導結合アンテナ1を流れて静電容量結合アンテナ8に流れる。静電容量結合アンテナに流れた電流は、プラズマを介してアースに流れる。また、静電容量結合アンテナ8に並列に、インピーダンスの大きさを可変可能な負荷17の回路を設けアースに接続する。負荷17は、この場合、バリコンと固定インダクターを直列に接続したものとしているが、直列共振させることで、インピーダンスをゼロにすることができる。

【0016】図3は、図2に示した放電回路の等価回路を示す。誘導結合アンテナ1を負荷9、静電容量結合アンテナ8を負荷11として等価的に示している。

【0017】負荷17のインピーダンスの大きさがゼロのときには、負荷11に加わる電圧もゼロとなることから、静電容量結合アンテナ8に流れる電流もゼロとなり、静電容量結合放電が起こらない状態となる。すなわち、誘導結合放電のみでプラズマが生成される状態となる。負荷17のインピーダンスの大きさを大きくしていくと、負荷11に流れる電流が増加し、静電容量結合放電で生成されるプラズマの割合が次第に強くなる。

【0018】なお、マッチングボックス3のマッチングが取れる範囲で、負荷11の大きさを変えていかなければならないが、マッチングが取れるための条件として以下のことを考慮する必要がある。

【0019】その条件の一つとして、負荷9のリアクタンスを Y_L 、負荷11のリアクタンスを Y_C 、負荷17のリアクタンスを Y_V としたときに、 Y_L は誘導的であるので $Y_L > 0$ 、 Y_C は静電容量的なので $Y_C < 0$ である。しかしながら、 Y_C と Y_V は並列に接続されていることから、 $Y_V > 0$ の領域において $Y_C = -Y_V$ となる時、並列共振を起こし合成インピーダンスが急激に大きくなって、マッチングが取れなくなる。このため、このような領域ではプラズマ生成ができなくなる場合がある。よって、 $Y_V < 0$ となるような領域で、負荷11を変化させる。これによって、問題なくマッチングを取ることができる。

【0020】また、もう一つの条件として、負荷11と負荷17を並列につないだときの合成インピーダンスのリアクタンスを Y_G とすると、 $Y_V < 0$ 、 $Y_C < 0$ となる条件では、 $Y_G < 0$ となる。しかしながら、 $Y_G > Y_L$ のときには、マッチングボックス3でのマッチングをとるべき放電回路全体の負荷のリアクタンスが負とな

り、図に示した逆L型のマッチングボックスでは、マッチングが取れない場合がある。その場合には、負荷9に直列にインダクタを挿入することで、マッチングが取れるようになる。また、 π 型と呼ばれるマッチングボックスを用いることで、対応することができるが、この場合はマッチングボックスの構造が複雑になる。

【0021】このように、負荷17のインピーダンスを変えることによって、誘導結合アンテナ1と静電容量結合アンテナ8とに流れる高周波電流の割合を変えることができ、それぞれのアンテナによって発生する電界の強さが変わる。これによって、それぞれのアンテナで生成するプラズマの密度を変えることができる。言い換えると、それぞれのアンテナの位置に対応して、それぞれのプラズマの密度を変えることができるので、放電部2a内でのプラズマの分布を制御することができる。

【0022】すなわち、誘導結合アンテナ1でプラズマを生成した場合はプラズマは領域15aで強く発生するため外側に強くプラズマが生成し、静電容量結合アンテナ8でプラズマを生成した場合はプラズマは領域15bで強く発生するために中央部が強いプラズマが発生する。よって静電容量結合アンテナ8に流れる電流を調節することにより、中央部のプラズマの強さが調節でき、これによって、プラズマの分布を適正に制御しウエハを均一に処理することができる。

【0023】また、静電容量結合放電によって生成したプラズマは、誘導結合放電によるプラズマより電子温度が高い傾向があるので、静電容量結合アンテナ8に流れる電流を調整することにより、静電容量結合放電と誘導結合放電の割合を調節できるので、プラズマの電子温度制御及び処理ガスの解離制御等も可能となる。これにより、試料の処理、例えば、メタルエッチング、ゲートエッチング、絶縁物エッチング、磁気ヘッドのエッチング加工等それぞれのプロセスに合わせた最適の条件を適用させることができる。

【0024】また、誘導結合アンテナ1によって作られる電界は、誘導結合アンテナ近傍の領域15aに強く発生する。そのため、誘導結合アンテナ1でプラズマを生成した場合、真空容器2の放電部2a側面では反応生成物の付着は少ないが、放電部2aの天井には反応生成物の付着が多く発生する。その付着を防止するため、放電部2aの天井の大気側にプラズマ6と静電容量的に結合する円盤状の静電容量結合アンテナ8を設け、天井付近の領域15bに電界を強く発生させる。これにより、真空容器2の天井部分、すなわち、放電部2aの天井部分において、反応生成物の付着を抑制または防止することができる。

【0025】以上、本第一の実施例によれば、放電部を囲って誘導結合アンテナを配置し、誘導結合アンテナが配置されていない放電部の面に対し静電容量結合アンテナを配置して、誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナ

ナを電氣的に直列に接続し、高周波電力を供給することにより、誘導結合アンテナによって強い電界を形成できない箇所にも、静電容量結合アンテナによって強い電界を形成できるので、放電部全体で高密度のプラズマを生成できるので、ウエハのプラズマ処理中においても、真空容器内壁面への反応生成物の付着を抑制することができるという効果がある。

【0026】また、誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナとに流れる電流の割合を調整、例えば、静電容量結合アンテナに流れる電流を調節することにより、中央部のプラズマの強さが調節でき、これによって、プラズマの分布を適正に制御しウエハを均一に処理することができる。

【0027】さらに、誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナとに流れる電流の割合を調整、例えば、静電容量結合アンテナに流れる電流を調節することにより、静電容量結合放電と誘導結合放電の割合を調節できるので、プラズマの電子温度制御及び処理ガスの解離制御等も可能となる。

【0028】なお、本一実施例では、誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナとに流れる電流の割合を調節する方法として、静電容量結合アンテナに流れる電流を調節する、すなわち、負荷17を用いて静電容量結合アンテナ8に流れる電流を調節することについて述べたが、負荷17を誘導結合アンテナ1に並列に接続しても同様の制御が可能である。この場合の等価回路を図4に示す。負荷17のインピーダンスがゼロのときには誘導結合アンテナ1の負荷9に流れる高周波電流はゼロになり、負荷17のインピーダンスを大きくするに連れて、負荷9に流れる電流は大きくなる。このようにこの回路では誘導結合アンテナ1に流れる電流を調整可能となる。

【0029】次に、本発明の第二の実施例を図5ないし図8によって説明する。図5に、本発明のプラズマ処理装置の縦断面図を示し、図6に放電回路の斜視図を示す。本図において、前記第一の実施例で示した図1および図2と同符号は同一部材を示し、説明を省略する。本図が図1および図2と異なる点は、誘導結合アンテナ1aと誘導結合アンテナ1bの二系統を上下に設置し、並列に接続し、誘導結合アンテナ1aに直列にバリコン16を接続している点である。

【0030】このように構成された装置では、二系統の誘導結合アンテナ1a、1bに流れる高周波電流の大きさを制御することで、プラズマ分布を制御することができる。以下、プラズマ分布の制御方法について述べる。

【0031】二系統の誘導結合アンテナ1aと誘導結合アンテナ1bが作る誘導電界が強い領域を領域25aと領域25bとする。また静電容量結合アンテナ8が作る電界が強い領域を領域25cとする。これら電界が強い領域でプラズマの生成が行われる。真空容器2の放電部

2aは、図示上において、上方に向かい径を小さくすることで、領域25aと領域25bの径の大きさが異なる。この場合は、領域25aの径が小さく、領域25bの径が大きくなっている。これに伴って誘導結合アンテナ1aが作るプラズマは中央の密度が高いプラズマとなり、誘導結合アンテナ1bが作るプラズマは外周の密度が高いプラズマとなる。したがって、誘導結合アンテナ1aと誘導結合アンテナ1bとに流れる電流の割合を調整することによって、プラズマの分布を制御することができる。

【0032】次に、誘導結合アンテナ1aと誘導結合アンテナ1bとに流れる高周波電流の割合を調整する方法について説明する。図7に図6の放電回路の等価回路を示す。誘導結合アンテナ1aを負荷9a、誘導結合アンテナ1bを負荷9bとして表している。負荷9aとバリコン16を合成したインピーダンスの大きさをZa、負荷9bのインピーダンスの大きさをZbとすると、負荷9aと負荷9bに流れる高周波電流の大きさは、 $1/Za$ と $1/Zb$ に比例する。誘導結合アンテナは正のリアクタンスをもつが、負のリアクタンスをもつバリコンでZaを正の値からゼロまで変化させることで、電流を制御することができる。

【0033】ここで、Zbのリアクタンスは正であるので、Zaのリアクタンスが負となる条件の場合、マッチングが取れない場合があるので、Zaのリアクタンスは正となる条件で用いるのが望ましい。よって、図7の回路は、負荷9aに流れる電流を増加させるのに適した回路であるといえる。

【0034】上述の装置および方法を用いウエハを処理する場合、静電容量結合アンテナ8に流れる高周波電流を強くし、誘導結合プラズマ1aと誘導結合アンテナ1bに流れる電流の割合を一定にした場合、領域25cにおいて生成するプラズマが多くなり、誘導結合プラズマ1aと誘導結合アンテナ1bに流れる電流は相対的に減少するので、領域25aと領域25bで生成するプラズマは少なくなる。そのためプラズマの中央の密度が高くなり、ウエハ13上の処理速度分布も中央が早くなってしまう。

【0035】そこで、誘導結合アンテナ1aに流れる電流を小さく、誘導結合アンテナ1bに流れる電流を大きくすることで、径の大きい領域25bで生成するプラズマを多くし、径の小さい領域25aで生成するプラズマを少なくすることで、プラズマの分布を制御し、ウエハ13上の処理速度を均一にすることができる。

【0036】以上、本第二の実施例によれば、前記第一の実施例と同様の効果があるとともに、二系統の大きさの異なる誘導結合アンテナを設け、それぞれの誘導結合アンテナへの高周波電力の印加量を制御することで、異なる大きさの誘導結合放電を得ることができるので、放電部内でのプラズマの分布をさらに細かく制御すること

ができるという効果がある。

【0037】また、二系統の誘導結合アンテナ1a、1bと静電容量結合アンテナ8のそれぞれに流れる高周波電流を制御できるので、各アンテナが発生する強い電界を領域25a、領域25b、領域25cに自由に発生させることができ、最適なプラズマ状態にできるので、ウエハ処理中の反応生成物の容器内への付着をさらに細かい範囲で抑制できるという効果がある。

【0038】なお、本第二の実施例において、負荷9aに流れる電流を減少させるためには、図7の回路におけるバリコン16を、負荷9aに直列に接続するのではなく、負荷9bに直列に接続すれば良い。

【0039】また、負荷9aに流れる電流を減少させるための他の回路として、図8の放電回路の等価回路に示すように、バリコン16と直列にインダクター19を設置しても良い。ここで、バリコン16とインダクター19の合成インピーダンスのリアクタンスが正となる条件においては、負荷9aと負荷9bのリアクタンスは正であるので、並列共振がおこらず安定してマッチングを取ることができる。

【0040】次に、本発明の第三の実施例を図9および図10により説明する。図9に、本発明のプラズマ処理装置の縦断面図を示し、図10に放電回路の斜視図を示す。本図において、前記第二の実施例で示した図5および図6と同符号は同一部材を示し、説明を省略する。本図が図5および図6と異なる点は、静電容量結合アンテナ8aを真空容器2の放電部2a全体を覆うように設けて点である。

【0041】本第三の実施例では、二系統の誘導結合アンテナ1aと誘導結合アンテナ1bが作る誘導電界が、強い領域を領域25aと領域25bとする。また静電容量結合アンテナ8aが作る電界が強い領域を領域25dとする。この電界が強い領域でプラズマの生成が行なわれるが、静電容量結合アンテナ8aは真空容器2全体を覆うように設置されていることから、領域25dは真空容器2の放電部2a内壁に隣接する部分全体となり、静電容量放電によって、放電部2aの内壁全体に反応生成物が付着するのを防止またはクリーニングができる。また、誘導結合アンテナ1a、1bと放電部2aの間に静電容量結合アンテナを設けることで、誘導結合アンテナとプラズマとの静電容量的な電界が放電部内に伝わるのを防ぎ、放電部内壁がプラズマによって削られるのを防止するファラデーシールドの役割を果たしている。

【0042】図10は、図9に示す装置の放電回路の斜視図である。静電容量結合アンテナ8aには、誘導結合アンテナ1a、1bが発生する電界が真空容器2a内部に到達するように、誘導結合アンテナ1a、1bと直交するようにスリット14を設けている。スリット14は誘導結合アンテナ1a、1bが作る電界を妨げなければ、直交する必要はなく、ある程度の傾きを持っていて

もよい。

【0043】本第三の実施例によれば、前述の第一および第二の実施例と同様の効果を得ることができるとともに、静電容量結合アンテナ8aが放電部2a全体を覆って設けてあるので、放電部2a内面全体において、反応生成物の付着を防止または抑制できるという効果がある。

【0044】次に、本第三の実施例に記述した概念を用いてプラズマを生成したときの実験データを示す。図11は、実験に用いた放電回路を示す。この放電回路では、マッチングボックス3内に1.2μHのインダクタを設置することで、マッチングをとりやすくしている。また、静電容量結合アンテナ8aに流れる電流を抑制するために静電容量結合アンテナの手前に200pFのコンデンサを設置した。また、誘導結合アンテナ1aは2ターン、誘導結合アンテナ1bは1ターンとしている。2系統の誘導結合アンテナに流れる電流と、静電容量結合アンテナ8aに流れる電流は、バリコン16a、16bと固定インダクタを組み合わせた負荷によって行われる。

【0045】図12は、バリコン16aの静電容量の値を変化させた場合の誘導結合アンテナ1aと誘導結合アンテナ1bに流れる電流比（アンテナ1aに流れる電流／アンテナ1bに流れる電流）を示す。このように、バリコン16aを変化させることで、アンテナ1aと1bに流れる電流の比を調節できることがわかる。ここで、アンテナ1a、1bに流れる電流を調整するために、この場合、アンテナ1bの後ろにバリコン16aと0.9μHのインダクタを直列に設けて有る。これにより、バリコン16aの静電容量を可変し、バリコン16aと0.9μHのインダクタとアンテナ1bによるインピーダンスが零のとき、高周波電流はアンテナ1bにのみ流れ、電流比は零となる。また、インピーダンスが零より大きいときは、アンテナ1a、1bに流れる高周波電流は同位相となり、プラスの電流比となる。逆に、インピーダンスが零より小さいときは、アンテナ1a、1bに流れる高周波電流は逆位相となり、マイナスの電流比となる。

【0046】図13は電流比を変化させた場合の電極上でのプラズマのイオン飽和電流密度の均一性を示している。均一性はプラズマの中央部が高い場合をプラス、外周部が高い場合をマイナスとして示している。このように、電流比を調整することで、プラズマのイオン飽和電流密度、すなわち、分布を外周部から中央部まで広い範囲で調整できる。本実験装置ではプラズマのイオン飽和電流密度の均一性を50%も調整できた。

【0047】図14は、バリコン16bの静電容量の値を変化させた場合の静電容量結合アンテナ8aに発生する電圧の振幅（peak-to-peak）を示したものである。このように、誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナと

を直列に接続した放電回路を用いることにより、従来の浮遊容量を利用するものに比べ、この場合、静電容量結合アンテナ8aに電圧がほとんど発生しない状態から、最大約1000Vまでの間で電圧を大きく調整可能であった。

【0048】なお、本第三の実施例では2系統の誘導結合アンテナを設置しているが、更にプラズマ分布を高精度に制御するために、誘導結合アンテナを3系統、或いは4系統以上に増やしても良い。

【0049】次に、本発明の第四の実施例を図15および図16により説明する。図15に、本発明のプラズマ処理装置の斜視図を示す。本図において、前記第三の実施例で示した図10と同符号は同一部材を示し、説明を省略する。本図が図10と異なる点は、放電回路における誘導結合アンテナの接続方法が異なっている点である。すなわち、誘導結合アンテナは、誘導結合アンテナ1aと誘導結合アンテナ1bの二系統を直列に接続した回路に、更に静電容量結合アンテナ8aを直列につなげたものである。また静電容量結合アンテナ8aに流れる電流を調節するために、インピーダンスの大きさを調節可能な負荷17aを静電容量結合アンテナ8aに並列になるように接続してある。更に、誘導結合アンテナ1aと誘導結合アンテナ1bに流れる電流を調整するために、負荷17b、負荷17cを同様に並列に接続してある。

【0050】図16は、図15に示す装置の放電回路の等価回路を示したものである。誘導結合アンテナ1aを負荷9a、誘導結合アンテナ1bを負荷9b、静電容量結合アンテナ8aを負荷11として表している。本実施例において、誘導結合放電の強さは負荷17aの大きさによって調節される。負荷17のインピーダンスの大きさを大きくすると、負荷11に流れる電流が増加し、静電容量結合放電で生成されるプラズマの割合が強くなる。また負荷17b又は負荷17cのインピーダンスを大きくして行くと、誘導結合アンテナ1a又は誘導結合アンテナ1bにおける誘導結合放電が強くなる。よって、負荷17a、17b、17cのインピーダンスの大きさを調整することで、前述の第一ないし第三の実施例と同様の効果を得ることができる。

【0051】なお、本第四の実施例では、誘導結合アンテナ1a、誘導結合アンテナ1b及び静電容量結合アンテナ8aのすべてに負荷17a、17b、17cを並列に入れて、それぞれに流れる電流を調整しているが、そのうち一つの負荷がない場合でも同様の制御が可能であり、同様の効果を得ることができる。

【0052】また、マッチングの取れる条件として、静電容量結合アンテナ8aのインピーダンスのリアクタンスが負であることから、並列共振を避けるために負荷17aのリアクタンスは負となる条件で用いることが望ましい。また、誘導結合アンテナ1a、1bの負荷のリア

クタンスが正であるので、並列共振を避けるために負荷17bと負荷17cのリアクタンスは正となる条件を用いることが望ましい。

【0053】さらに、マッチングボックス3がマッチングを取るべき放電回路全体の負荷のリアクタンスが負となり、図に示した逆L型のマッチングボックスではマッチングが取れなくなる場合には、マッチングボックス3と放電回路の間にインダクタを直列に挿入することでマッチングを取ることができる。

【0054】次に、本発明の第五の実施例を図17および図18により説明する。図17に、本発明のプラズマ処理装置の斜視図を示す。本図において、前記第四の実施例で示した図15と同符号は同一部材を示し、説明を省略する。本図が図15と異なる点は、放電回路における誘導結合アンテナの接続方法が異なっている点である。すなわち、誘導結合アンテナは、誘導結合アンテナ1aと誘導結合アンテナ1bの二系統を直列に接続した回路に静電容量結合アンテナ8aを直列につなげたものであり、静電容量結合アンテナ8aに流れる電流を調節するために、インピーダンスの大きさを調節可能な負荷17aを静電容量結合アンテナ8aに並列になるように設置し、更に、誘導結合アンテナ1aと誘導結合アンテナ1bの間からインピーダンスの大きさを調整可能な負荷17bを介してアースに接続した回路を分岐させてある。

【0055】図18は、図17の装置の放電回路の等価回路を示したものである。誘導結合アンテナ1aを負荷9a、誘導結合アンテナ1bを負荷9b、静電容量結合アンテナ8を負荷11として表している。本実施例において、誘導結合放電の強さは負荷17aの大きさによって調節される。負荷17のインピーダンスの大きさを大きくしていくと、負荷11に流れる電流が増加し、静電容量結合放電で生成されるプラズマの割合が強くなる。また負荷17bは、負荷9bと負荷11が直列につながった回路に並列につながることから、負荷17bのインピーダンスを調節することで、誘導結合アンテナ1bによる誘導結合放電と静電容量結合アンテナ8aによる静電容量結合放電を調整することができる。

【0056】また、マッチングの取れる条件として、静電容量結合アンテナのインピーダンスのリアクタンスが負であることから、並列共振を避けるために負荷17aのリアクタンスは負となる条件で用いることが望ましい。また、負荷17bと並列につながっている回路との並列共振を避けるため、負荷9bと負荷11と負荷17aを合成したインピーダンスのリアクタンスが正のときには、負荷17bのリアクタンスも正、合成インピーダンスのリアクタンスが負のときには、負荷17bのリアクタンスも負となるようにすることが望ましい。さらに、マッチングボックス3がマッチングをとるべき放電回路全体の負荷のリアクタンスが負となり、図に示した

逆L型のマッチングボックスではマッチングが取れなくなる場合がでてくる。その時には、負荷9aに直列にインダクタを挿入することで、マッチングを取ることができる。

【0057】以上、本第五の実施例によれば、前述の第1ないし第3の実施例と同様の効果を得ることができる。

【0058】次に、本発明の第六の実施例を、図19により説明する。図19は本発明のプラズマ処理装置を示す縦断面図である。本実施例の基本的な考え方は第一、第二、および第三の実施例と同じであるが、真空容器20の放電部20aの形状と誘導結合アンテナ21と静電容量結合アンテナ28の形状が異なっている。本実施例では、放電部20aは筒状で、その全体を包むように、筒状の静電容量結合アンテナ28が設置され、放電部20aの天井に2系統のコイル状の誘導結合アンテナ21aと誘導結合アンテナ21bが巻かれている。

【0059】本実施例では、二系統の誘導結合アンテナ21aと誘導結合アンテナ21bが作る誘導電界が強い領域を領域25eと領域25fとする。また静電容量結合アンテナ28が作る電界が強い領域を領域25gとする。これら電界が強い領域でプラズマの生成が行なわれるが、静電容量結合アンテナ28は放電部20a全体を覆うように設置していることから、領域25gは放電部20a内壁に隣接する部分全体となり、静電容量放電によって、放電部20aの内壁全体の反応生成物が付着するのを防止またはクリーニングできる。

【0060】また、放電部20aの天井に巻かれた誘導結合アンテナ21aの径は小さいく、誘導結合アンテナ21bの径は大きいので、それに伴って誘導結合アンテナ21aが作るプラズマは中央の密度が高いプラズマとなり、誘導結合アンテナ21bが作るプラズマは外周の密度が高いプラズマとなる。よって、前述した第二ないし第五のいずれかの放電回路を用いることで、同様の効果を得ることができる。

【0061】以上のように、本発明によれば、誘導結合アンテナおよび静電容量結合アンテナへの高周波電流の電流量を調節する、すなわち、放電回路に設けた負荷17やバリコン16のインピーダンスを調整することにより、静電容量結合放電と誘導結合放電の割合を調節できるので、プラズマ処理中に真空容器内壁への反応生成物の付着を抑制することができる。また、プラズマの分布を制御することができるので、均一なプラズマ処理を行うことができる。さらに、プラズマ電子温度の制御も行なえるので、エッチング等のプラズマを用いたプロセス仕様の多様性に対処できる。

【0062】なお、本発明は、上述した第一ないし第六の実施例に示された装置に限らず、これらの組合わせによって放電回路を構成しても良い。また、真空容器も放電部と処理部に分ける必要もなく、放電部の形状も実施

例で示した形状に限られるものではない。例えば、図 20 ないし図 23 に示すような形状の真空容器にしても良い。また、図 22 に示すように誘導結合アンテナの外側に静電容量結合アンテナを配置しても良い。さらに、図 23 のように静電容量結合アンテナを真空容器の外面に貼り付けても良いし、または静電容量結合アンテナを真空容器の内部に埋め込んで構成しても良い。

【0063】ここで、20c、20d、20e は真空容器であり、少なくともアンテナに対応する部分は非同電材料で構成される。21 は誘導結合アンテナであり、28a、28b、28c、28d は静電容量結合アンテナである。

【0064】また、本発明はプラズマを用いる装置および処理に適用でき、エッチング、CVD、スパッタ等処理および処理装置に適用でき、処理する試料としては半導体ウエハのみならず、液晶用基板の処理、磁気ヘッドの加工等、プラズマを用いて処理されるものには全て適用することができる。

【0065】さらに、このような本発明は次のような半導体製造プロセスに適用することができる。図 24 は本発明を用いた半導体プロセスの工程の一例を示す図である。本プロセスでの対象となる装置構成は前述した各実施例の何れかの構成を用いる。

【0066】半導体プロセスでは、エッチングする材料に合わせて処理ガスの種類、真空容器内のガス圧、ガス流量、アンテナに印加する高周波電力等を調整し、エッチングや成膜処理におけるウエハの均一処理が行えるようにプロセスレシビを決める。例えば、アルミニウムをエッチングする場合には、処理ガスとして塩素ガスや三塩化ホウ素ガス等を用い、石英をエッチングする場合には、処理ガスとして C、F₂ ガスを用いる。

【0067】ガスの種類やガス圧等が変わればプラズマの分布も変化するので、従来技術の装置を用いる場合には、上記 2 種類の材料をエッチングする場合、異なる装置を用いてエッチング処理を行う必要があった。

【0068】しかし、本発明の装置を用いれば、図 24 に示すように連続したプロセス処理の途中に、複数の誘導結合アンテナに流れる高周波電流を調節してプラズマ分布調整するための工程 31a、31b、31c を加えるとともに、異なるプロセス 30a、30b、30c をそれぞれの行程 31a、31b、31c の後に持つてくることによって、同一の装置で各プロセスにおけるプラズマ分布を均一に調整してウエハを均一に処理することができる。

【0069】これによって、各プロセス毎にウエハを装置間で移動したりする手間が省けスループットの向上を図ることができる。また、一台の装置で複数のプロセス処理ができるので装置の台数を節約できる。

【0070】

【発明の効果】本発明によれば、電氣的に直列に接続さ

れた誘導結合アンテナと静電容量結合アンテナに流れる高周波電流の割合を調整し、誘導結合アンテナ及び静電容量結合アンテナにより発生させる電界の強さを調整できるので、容器内に処理に最適なプラズマを生成することができ、誘導結合アンテナを用いたプラズマ処理において、試料の処理中に真空容器の内壁面への反応生成物の付着を抑制することのできるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一の実施例であるプラズマ処理装置を示す縦断面図である。

【図 2】図 1 の装置の放電回路を示す斜視図である。

【図 3】図 2 の放電回路の等価回路を示す図である。

【図 4】図 3 の等価回路の他の実施例を示す図である。

【図 5】本発明の第二の実施例であるプラズマ処理装置を示す縦断面図である。

【図 6】図 5 の装置の放電回路を示す斜視図である。

【図 7】図 6 の放電回路の等価回路を示す図である。

【図 8】図 6 の等価回路の他の実施例を示す図である。

【図 9】本発明の第三の実施例であるプラズマ処理装置を示す縦断面図である。

【図 10】図 9 の装置の放電回路を示す斜視図である。

【図 11】本発明の第三の実施例の概念を用いた実験装置の放電回路を示す斜視図である。

【図 12】図 11 の装置による実験データを示す図である。

【図 13】図 11 の装置による実験データを示す図である。

【図 14】図 11 の装置による実験データを示す図である。

【図 15】本発明の第四の実施例であるプラズマ処理装置を示す斜視図である。

【図 16】図 15 の装置の放電回路の等価回路を示す図である。

【図 17】本発明の第五の実施例であるプラズマ処理装置を示す斜視図である。

【図 18】図 17 の装置の放電回路の等価回路を示す図である。

【図 19】本発明の第六の実施例であるプラズマ処理装置を示す縦断面図である。

【図 20】本発明のさらに他の実施例であるプラズマ処理装置を示す縦断面図である。

【図 21】本発明のさらに他の実施例であるプラズマ処理装置を示す縦断面図である。

【図 22】本発明のさらに他の実施例であるプラズマ処理装置を示す縦断面図である。

【図 23】本発明のさらに他の実施例であるプラズマ処理装置を示す縦断面図である。

【図 24】本発明の処理を適用した半導体処理プロセス工程の一例を示す図である。

【符号の説明】

19

20

1…誘導結合アンテナ、2…真空容器、2a…放電部、
2b…処理部、3…整合器（マッチングボックス）、4
…ガス供給装置、5…電極、6…プラズマ、7…排気装
置、8…静電容量結合アンテナ、9…負荷、10…第一*

*の高周波電源、11…負荷、12…第二の高周波電源、
13…ウエハ、15a…領域、15b…領域、17…負
荷

【図1】

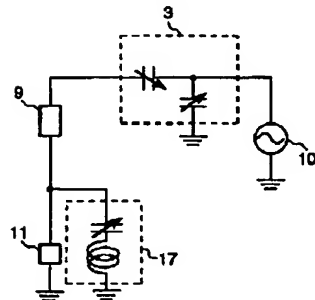
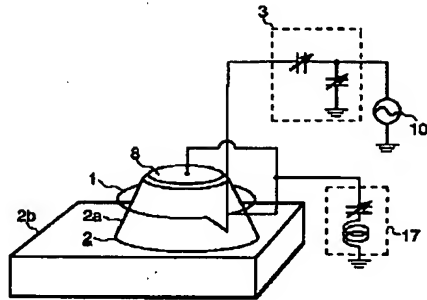
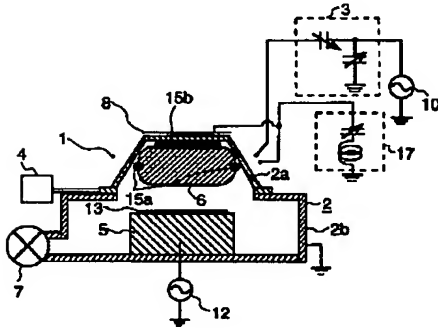
【図2】

【図3】

図 1

図 2

図 3



【図4】

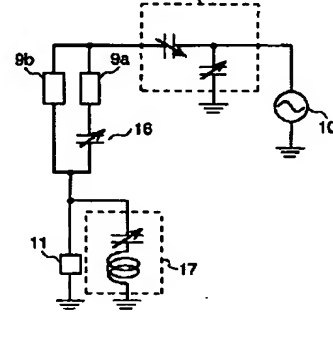
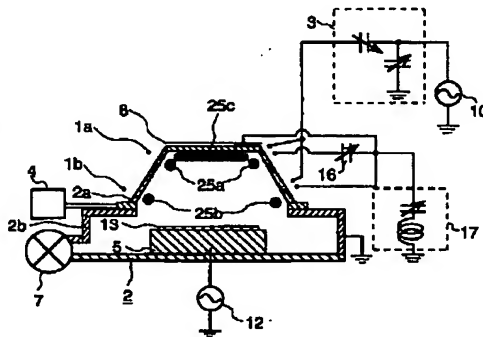
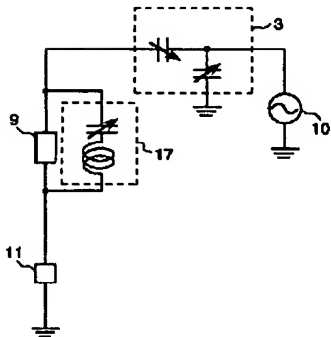
【図5】

【図7】

図 4

図 5

図 7



【図6】

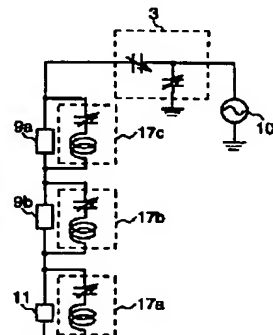
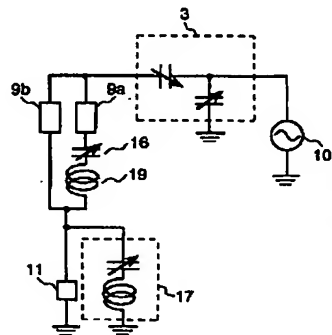
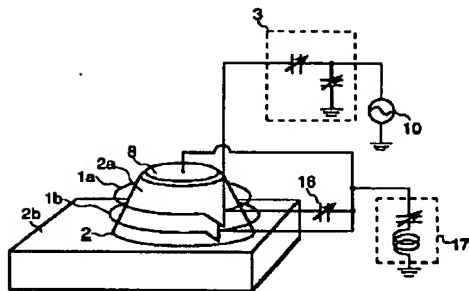
【図8】

【図16】

図 6

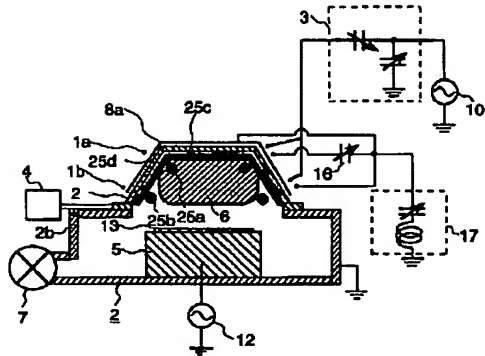
図 8

図 16



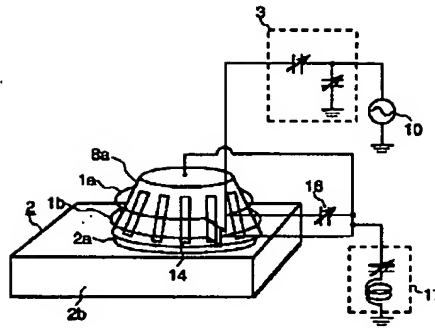
【図9】

図 9



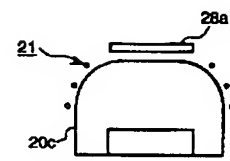
【図10】

図 10



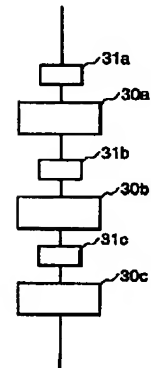
【図20】

図 20



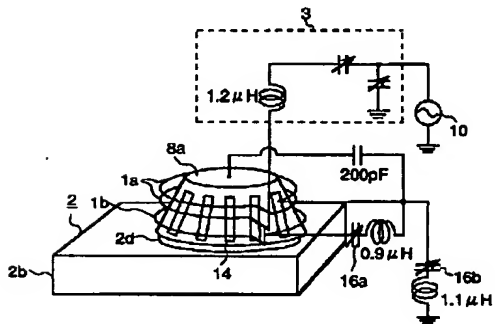
【図24】

図 24



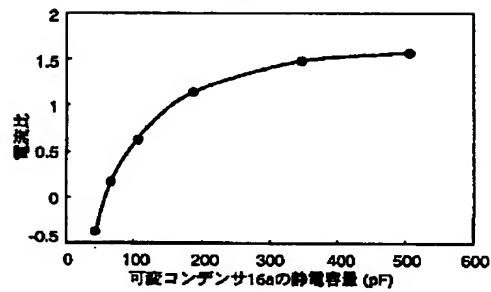
【図11】

図 11



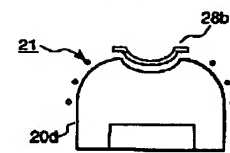
【図12】

図 12



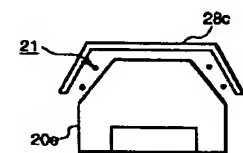
【図21】

図 21



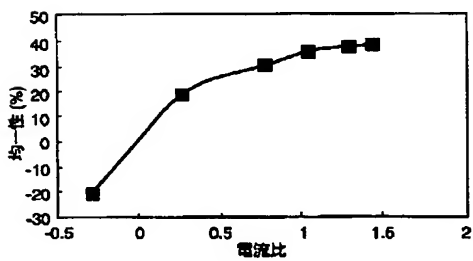
【図22】

図 22



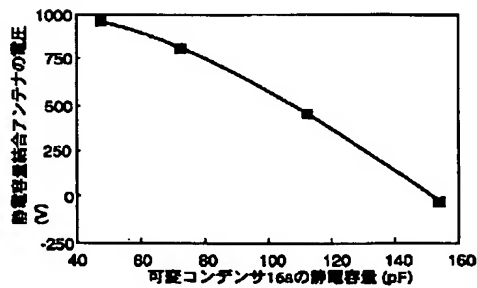
【図13】

図 13



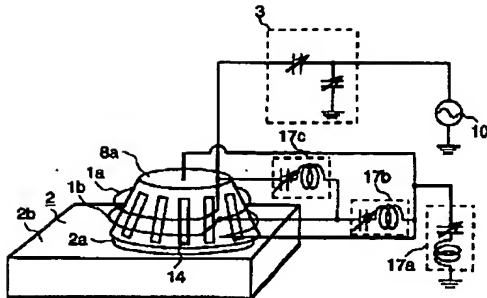
【図14】

図 14



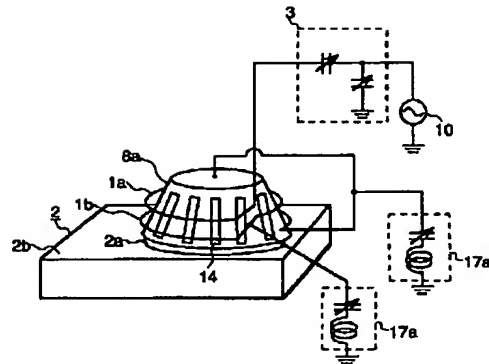
【図15】

図 15



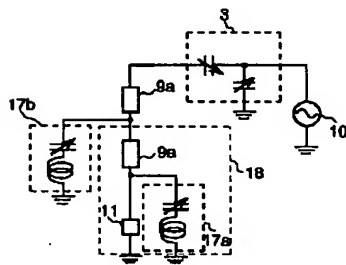
【図17】

図 17



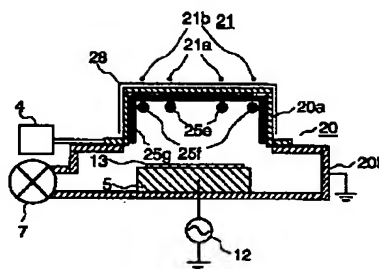
【図18】

図 18



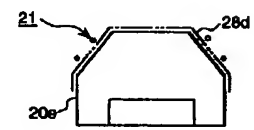
【図19】

図 19



【図23】

図 23



フロントページの続き

(72)発明者 枝村 学

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 数見 秀之

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 金井 三郎

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸事業所内

(72)発明者 手束 勉

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 荒井 雅嗣

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 前田 賢治

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 坪根 恒彦

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸事業所内

Fターム(参考) 5F004 AA15 AA16 BA20 BB11 BB18

DA04 DA11 DB00 DB03 DB08

DB09 DB29

5F045 AA08 BB08 BB15 DP04 DQ10

EB02 EB06 EH11